

ARTICLE PRINCIPAL

Recouvrant en partie

LA THESE DE DOCTORAT ES SCIENCES NATURELLES

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES

de PARIS

par

M. Guy PAUPOT

pour obtenir

le grade de Docteur Es-Sciences

Sujet de la Thèse : ETUDE GEODYNAMIQUE DE LA MARGE
CONTINENTALE AU LARGE DE L'ESTEREL.

Soutenue le 16 " " " " " " devant la Commission d'Examen

16 JUIN 1969 MM. L. GLANGEAUD Président
M. ROUBAULT Examinateurs
G. LUCAS



STRUCTURE SOUS-MARINE DU HAUT-FOND DU MÉJEAN
(SUD DE CANNES)

PAR

M. Guy PAUTOT

Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
séance du 9 octobre 1967.



GÉOLOGIE. — *Structure sous-marine du haut-fond du Méjean (Sud de Cannes)*.

Note (*) de M. GUY PAUTOR, présentée par M. Marcel Roubault.

Le haut-fond du Méjean, petit massif ennoyé au Sud de Cannes, a fait l'objet de recherches géodynamiques : morphologie, « sismique continue », carottages, etc. Ce haut-fond est constitué de gneiss recouvert localement par un lambeau sédimentaire.

Le haut-fond du Méjean est situé à 15 km au Sud des îles de Lérins (*figure*). Il présente une pente abrupte au Nord vers le canyon de Cannes et à l'Ouest vers les canyons de Fréjus et de Saint-Tropez. Il s'ennoie par paliers vers le Sud et brutalement par failles vers l'Est^{(1), (2)}. Quelques auteurs avant nous ont émis diverses hypothèses, sur la nature de ce haut-fond : prolongement des chaînes calcaires provençales⁽³⁾, terminaison du massif de l'Estérel ou remontée du socle des Maures ?^{(2), (4)}.

Les études entreprises jusqu'alors sur ce haut-fond se sont heurtées à un envasement important. L'étude photographique⁽⁵⁾ effectuée avec la « troïka » du Musée Océanographique de Monaco ne montre que de la vase. Nos premiers carottages sur la partie horizontale de ce haut-fond ont prélevé 8 à 10 m de vase gris bleu, homogène et récente.

En dressant la carte morphologique de détail du haut-fond avec le bâtiment océanographique *Catherine-Laurence*, nous avons relevé sur la partie horizontale de ce haut-fond, quelques reliefs en forme de piton dont le plus important culmine à moins 340 m.

Une série de profils de « sismique continue » espacés d'un demi-mille marin ont été effectués dans cette zone, en utilisant un « canon à air » réalisé par Ch. Agarate. Le haut-fond du Méjean (profils AB et CD de la planche) est constitué d'une *couverture sédimentaire* d'épaisseur variable reposant sur un « *bed-rock* » qui remonte vers le Nord du haut-fond et forme les pitons reconnus par nos études morphologiques.

La *couverture sédimentaire* vient buter au Nord contre les pitons. Elle s'arrête brutalement vers l'Est et vers le Sud, mais semble relevée vers l'Ouest et affectée particulièrement dans cette région, de glissements. « L'épaisseur » *maximale* des sédiments de couverture est de 400 à 500 ms. Si l'on considère que ces sédiments sont semi-consolidés et qu'on leur accorde une vitesse moyenne de 2 000 m/s, ils atteindraient localement une épaisseur maximale de 500 m.

Le « *bed-rock* » du haut-fond affleure sous forme de pitons au Nord, et sur les pentes abruptes au Sud. Pour déterminer la nature de ce « substratum » nous avons effectué plusieurs carottages sur les pitons avec le carottier à roche de la Station de Géodynamique sous-marine de

Villefranche-sur-Mer réalisé par l'auteur ⁽⁶⁾. Aux premiers essais nous n'avons obtenu que de « l'encroûtement » de roche : madréporaires, coraux, serpuliers, etc., mais ensuite nous avons pu prélever plusieurs échantillons

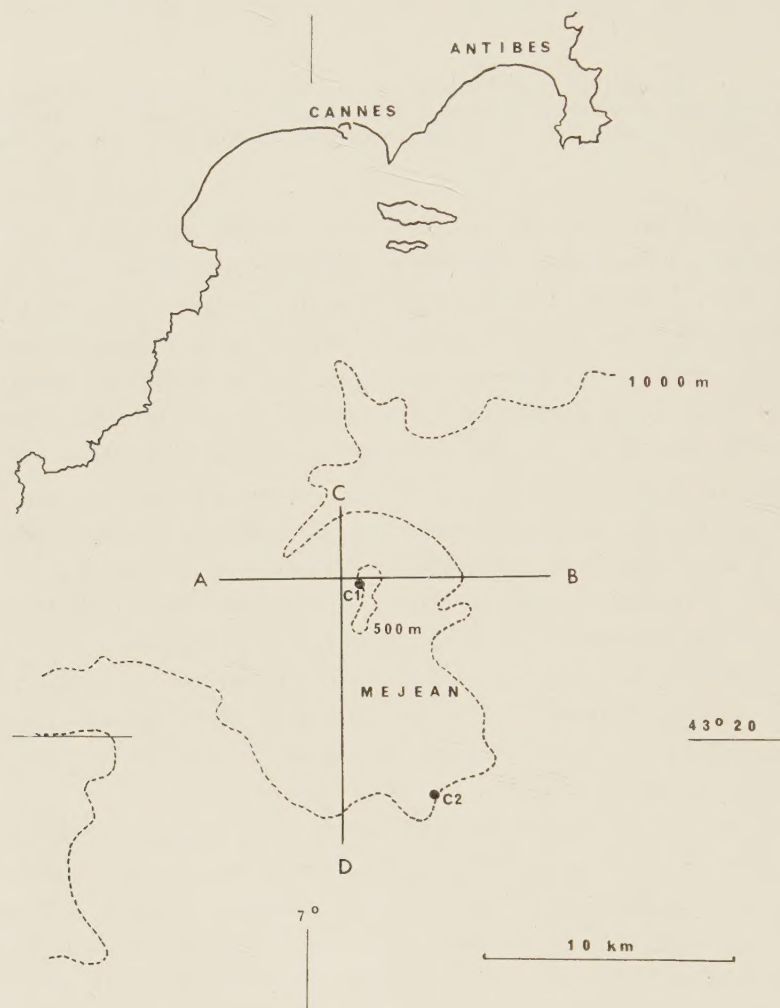


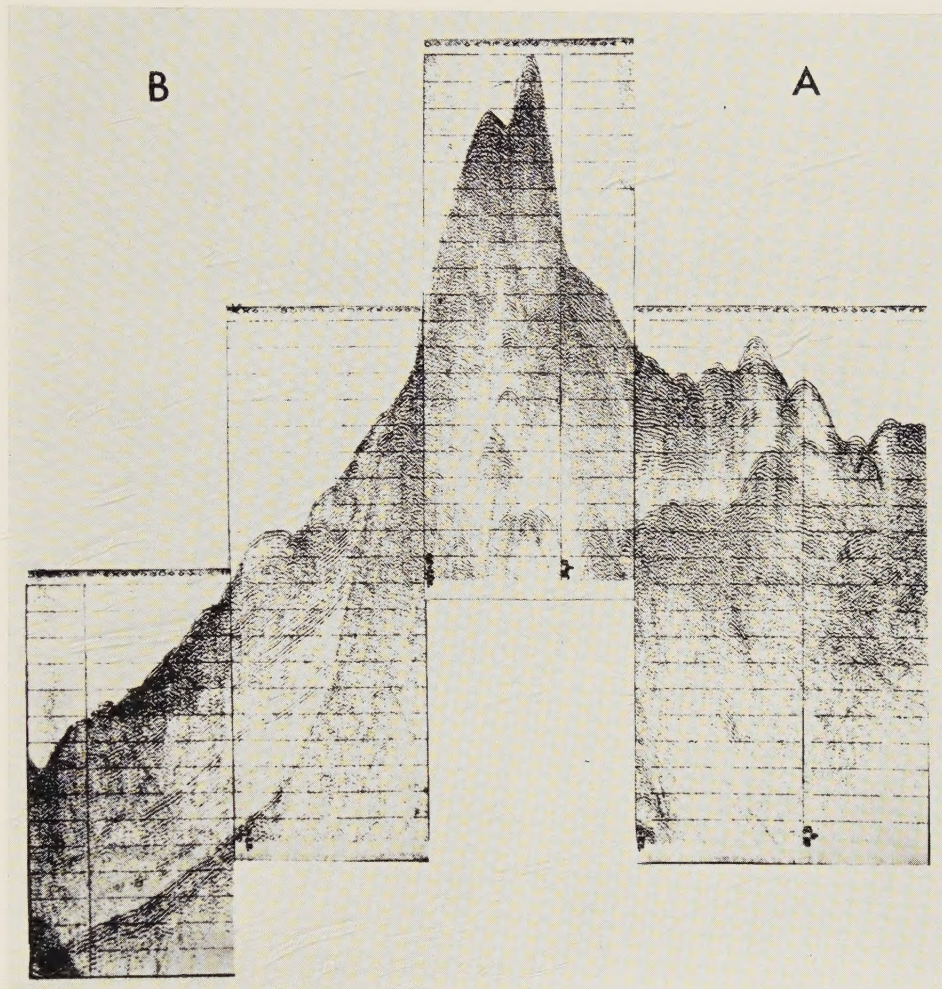
Schéma régional du haut-fond du Méjean.

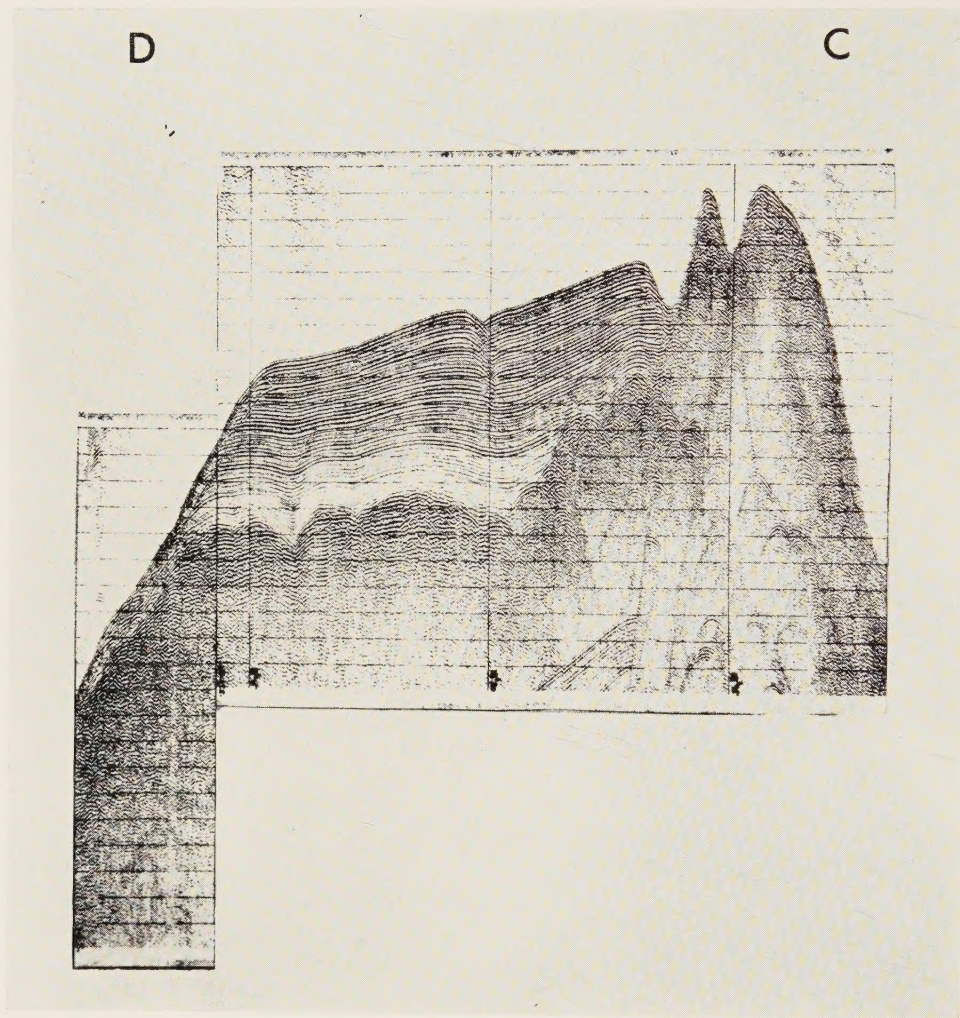
AB et CD sont les profils de « sismique continue » réalisés avec un « Air-Gun », et représentés sur les planches hors texte. C 1 et C 2 sont les positions des carottages cités dans le texte.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Profils AB et CD réalisés avec l'« Air-Gun » de la Station de Géodynamique sous-marine de Villefranche-sur-Mer.

L'espace entre chaque trait horizontal représente 1/20 de seconde.





d'une *roche à structure gneissique* (fig., C 1). L'étude en lame mince a permis de confirmer la nature de cette roche; ce gneiss est formé principalement de quartz xénomorphe, de biotite orientée et peu chloritisée et de muscovite peu abondante. Ces échantillons de gneiss représentent de la roche *en place* car une des faces des fragments est recouverte d'une pellicule noirâtre de fer ou de manganèse comme toutes les roches éruptives des fonds marins; les autres sections présentent des cassures fraîches. La présence de blocs ou de galets de gneiss charriés sur ces pitons est très peu probable car, d'une part ces reliefs sont séparés des sources possibles par de profonds canyons (fig.) et, d'autre part, nous avons prélevé entre ces pitons des échantillons de gneiss emballés dans une arène micacée.

Un autre carottage fut réalisé sur la pente Sud du haut-fond du Méjean, à 948 m de profondeur, et au contact du lambeau sédimentaire avec le « substratum » (fig., C 2). Sous 70 cm de vase gris bleu et d'âge récent, il y a passage franc à une « arène » jaunâtre, assez homogène sur 430 cm. A la base de la carotte on trouve des fragments rocheux à structure cristalline mais dont la détermination s'est avérée difficile par leur état d'altération. L'aspect de cette arène, l'étude minéralogique et chimique, le fait qu'elle ne contient pas de foraminifères, laisse supposer qu'elle résulte de l'altération de roche éruptive à *l'air libre*.

CONCLUSION. — Le « substrat » primaire du haut-fond du Méjean affleure sur toute sa périphérie (*planche*) et il est constitué principalement de *gneiss*. Le haut-fond est donc le prolongement des Maures et ce massif fut érodé à l'air libre avant le dépôt de la couverture sédimentaire. Nous n'avons pu déterminer la nature de cette couverture sédimentaire, mais on peut raisonnablement penser que ce petit bassin a été comblé depuis le Miocène supérieur ou le Pliocène inférieur probablement pendant la descente de ce voussoir par flexure ou faille. La périphérie de ce bassin montre des phénomènes de glissement et de relèvement de la couverture qui ne peuvent être expliqués que par des phénomènes tectoniques récents. Ces faits nouveaux confirment donc entièrement nos conclusions antérieures [(¹), (²)].

(*) Séance du 18 septembre 1967.

(1) L. GLANGEAUD, CH. AGARATE, G. BELLAICHE et G. PAUTOT, *Comptes rendus*, 261, 1965, p. 4795.

(2) L. GLANGEAUD, R. SCHLICH, G. PAUTOT, G. BELLAICHE, PH. PATRIAT et M. RONFARD, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7, n° 6, 1965, p. 998-1009.

(3) J. BOURCART, *Coll. int. du C. N. R. S.*, 1959, p. 33-52.

(4) G. PALAUSI, 90^e Congrès des Sociétés savantes, Nice, II, 1965.

(5) R. VAISSIÈRE et G. FREDJ, *Bull. Inst. Océanog.*, 64, n° 1323, 1964.

(6) G. PAUTOT (sous presse).

(Station de Géodynamique sous-marine,
La Darse, Villefranche-sur-Mer, Alpes-Maritimes.)

APPLICATION DES TRACEURS RADIOACTIFS
DANS LE DOMAINE SOUS-MARIN DU GOLFE DE LA NAPOULE *

par

Guy PAUTOT

Station de Géodynamique Sous-Marine

Villefranche-sur-Mer

La région étudiée par la méthode des traceurs radioactifs se situe dans le golfe de la Napoule (fig.1). W. NESTEROFF dans sa thèse (2)***notait un amaigrissement très net du littoral entre le château de la Napoule et les embouchures de la Siagne et de l'Argentièrre. En effet, le levé du Service Hydrographique de la Marine de 1903 signalait une plage de 50 mètres de large dans cette zone. Actuellement, cette plage a entièrement disparu et le rivage a dû être protégé par des ouvrages de maçonnerie. De même A. CLOS-ARCEDUC dans ses études des dépôts pré littoraux par la photographie aérienne donne cette plage comme étant en recul (4). Cet appauvrissement, d'après W. NESTEROFF, serait la conséquence d'un prélèvement exagéré de sable dans le lit de la Siagne et de l'Argentièrre par des entreprises de construction. Cette explication est plausible mais incomplète. En effet, les prélèvements de sable dans le cours de la Siagne et de l'Argentièrre ont été interdits depuis quelques années, mais depuis, au cours des tempêtes d'hiver, des fragments de plage aérienne de 50 mètres de longueur disparaissent en quelques heures. Ce sable doit être dispersé sur la plage sous-marine et le triage par la houle remplace chaque élément granulométrique en sa zone d'équilibre. Ce phénomène d'amaigrissement se poursuit actuellement et pour tenter de trouver une explication nous avons employé la méthode du marquage radioactif des sédiments.

Le golfe de la Napoule, de la pointe de la Croisette à Théoule (fig.1), forme une province sédimentologique originale et indépendante. Au NW de ce golfe, dans la région de la Napoule, la plage aérienne et sous-marine est constituée de sables terrigènes. Ces sables proviennent essentiellement du massif du Tanneron et ils sont charriés par la Siagne et l'Argentièrre. Les deux autres cours d'eau, la Frayère et le Béal, ont des apports très temporaires et sont habituellement séparés de la mer par un cordon littoral. Les apports d'autres provinces : Golfe Juan ou Esterel, sont nuls ou très peu importants car la pointe de la Croisette fait barrière et l'Esterel n'apporte que des éboulis. L'herbier est sporadique dans cette zone à cause de l'importance des apports terrigènes (2).

* Manuscrit reçu le 30 août 1967

*** Voir la bibliographie in fine.

Le transfert sédimentaire littoral est assez connu actuellement, et il est couramment admis que dans les plages immergées des mers sans marée, les déplacements sont très lents, (5) (6) ou nuls (2). Dans cette zone W. NESTEROFF a étudié le transfert sédimentaire littoral qui est généralement Est (fig.7). En plongée, il n'a remarqué aucun mouvement sédimentaire à partir de - 5 m au cours des tempêtes de SE ou de mistral. Il explique cette absence de mouvement par la faible longueur d'onde des houles en Méditerranée. Or nous allons montrer par les méthodes de marquage radioactif qu'il existe des déplacements de plusieurs centaines de mètres par jour par temps calme et a fortiori durant les tempêtes d'hiver.

METHODES

Nous avons déterminé deux points de mouillage de matériel marqué à 198 Au dans la partie Ouest du golfe de la Napoule et par - 5 m de profondeur (fig.1). Le sable prélevé en ces deux points à l'embouchure de la Frayère et de l'Argentièrre a été étudié du point de vue minéralogique, granulométrique et par spectrométrie γ .

Du point de vue minéralogique c'est un sable terrigène correspondant à une arène gneissique avec quelques grains de glauconie. On y trouve surtout du quartz, des feldspaths, du mica blanc et noir et des minéraux lourds. Les débris coquilliers sont peu importants et les foraminifères assez rares ou rares suivant la présence ou non d'herbier.

Les courbes granulométriques (fig.2) montrent qu'à l'embouchure de la Frayère le sable est beaucoup plus grossier, et les courbes de fréquence présentent trois modes, particulièrement marqués à l'embouchure de l'Argentièrre. Le coefficient de TRASK, de 1,41 pour la Frayère et de 1,52 pour l'Argentièrre indique un sédiment très bien classé à bien classé. C'est donc un sédiment hétérogène du type "dunaire" avec deux ou trois apports principaux suivant les types de courant et la forme des particules. D'après le graphique de HJULSTRÖM (fig.3), un courant de 3 cm/sec au minimum est nécessaire pour un transport des particules moyennes.

Les mesures de radioactivité totale ont été complétées par des dosages de radium, du thorium et du potassium effectués à l'aide de l'ensemble de spectrométrie gamma à bas niveau du laboratoire de géologie dynamique de la Sorbonne (7). A l'embouchure de l'Argentièrre nous avons obtenu les résultats suivants :

K % : 1,9 - Ra ppm (équivalent en uranium) : 12,5 - Th ppm : 59,4

Le sable de la plage aérienne présente des valeurs très différentes :

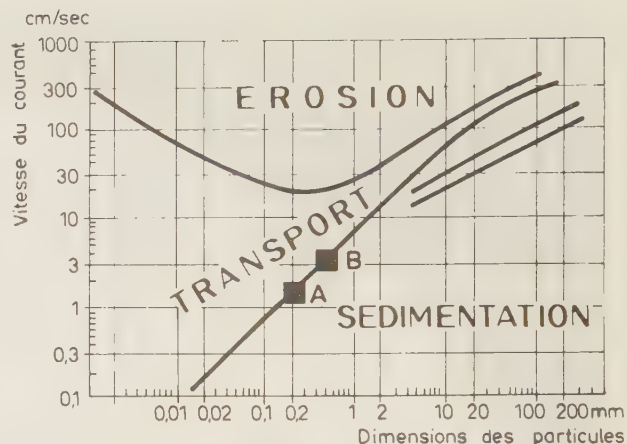
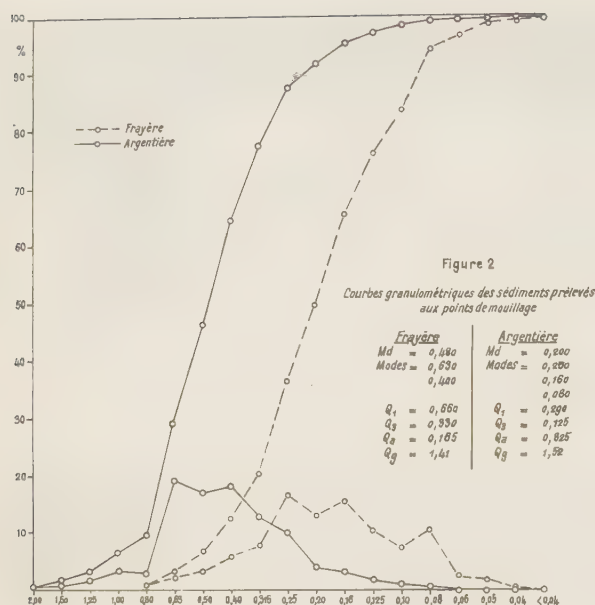
K % : 1,8 - Ra ppm (équivalent en uranium) : 1,8 - Th ppm : 5,2

Bathymétrie d'après la carte du Service Hydrographique de la Marine, les travaux de J. BOURCART et les nouveaux levés de l'auteur effectués avec le bâtiment océanographique "Catherine-Laurence". Le tracé des isobathes a été exécuté par G. EHARD, Ingénieur Cartographe.



TRACEURS RADIOACTIFS

A l'aide du "Photon", petite embarcation du CEA très bien aménagée, nous avons remorqué sur le fond la sonde marine d'un scintillomètre SPP3. Le rayonnement γ s'inscrit à bord de façon continue sur un enregistreur C d D. La position de l'embarcation, et donc de la sonde, est connue par des relevements au cercle hydrographique effectués chaque minute (7). Au top donné par le navigateur au moyen d'émetteur récepteur portatif, deux observateurs placés en des points fixes (bases) sur la plage, relèvent le bateau et transmettent à



bord la valeur de l'angle. Ces valeurs sont reportées aussitôt sur une "grille d'angle". Ainsi par cette méthode la route de l'embarcation est tracée à bord au fur et à mesure des évolutions.

RADIOACTIVITE NATURELLE

Avant le mouillage de 198 Au, nous avons effectué une série de coupes parallèles et normales à la côte pour détecter le "bruit de fond". La carte de ce "bruit de fond" s'est révélée intéressante (8).

1) A l'embouchure de la Frayère (fig.4a)

Une bande de forte activité (supérieure à 125 cps) s'étend parallèlement au rivage entre les isobathes -2 et -5 mètres. Dans cette bande on note des taches d'activité supérieure à 150 cps et même parfois à 200 cps. L'activité diminue graduellement vers la côte et vers le large.

2) A l'embouchure de l'Argentières (fig.4b)

On retrouve la même disposition : bande et taches radioactives, divergentes vers le large.

Ces cartes de "bruit de fond" permettent l'obtention d'une image de la dynamique sédimentaire et elles sont utilisées pour effectuer les corrections nécessaires au cours du dépouillement des enregistrements de la détection.

Une comparaison entre les cartes de radioactivité naturelle (fig.4) et les cartes de morphologie (fig.5) est intéressante. On constate d'une façon générale que la radioactivité naturelle est plus faible dans les sillons ou vallées, et plus importante sur les interfluvies. Ce caractère peut être expliqué par un vannage, dû au courant, des particules légères sur les sommets d'où concentration en minéraux lourds.

MOUILLAGE DE ^{198}Au

Le procédé de marquage et le principe d'injection de l'or radioactif sont décrits en détail dans les dossiers techniques CEA et dans la note de F. GIRESSSE et G. COURTOIS (9).

Le sédiment marqué est du sable prélevé sur les lieux d'immersion à raison de 2 kg par injection.

Face à l'embouchure de la Frayère : La médiane granulométrique est élevée : $480\ \mu$ soit environ $1,4 \cdot 10^7$ grains pour 2 kg, ce qui correspond pour 3 Ci immergés, à une activité moyenne de $0,2\ \mu\text{Ci/grain}$ et de $2,2\ \mu\text{Ci}$ pour les grains les plus gros ($2\ \% = 1,6\text{ mm de } \phi$).

A l'embouchure de l'Argentière : La granulométrie médiane est ici de $200\ \mu$, soit $2 \cdot 10^8$ grains pour 2 kg de sable. L'étalement étant plus grand qu'à l'embouchure de la Frayère, nous avons utilisé une activité plus élevée soit 6 Ci donnant une activité moyenne de $3 \cdot 10^{-2}\ \mu\text{Ci/grain}$ et pour les grains les plus gros ($1\ \% = 800\ \mu\text{ de } \phi$) $0,480\ \mu\text{Ci/grain}$.

L'activité de ^{198}Au diminue avec le temps, et plus précisément sa période est de 2,7 jours. Nous avons donc corrigé les valeurs de rayonnement γ de cette perte d'activité et de la radioactivité naturelle.

DETECTIONS

Les deux bases sur le rivage (fig.1), de part et d'autre du point de mouillage sont séparées de 580 m pour l'Argentière (3-3), de 600 m (1-1) puis de 710 (2-2) pour la Frayère.

En face de l'embouchure de la Frayère le déplacement rapide vers l'Ouest du sédiment marqué nous a obligé à transférer nos bases plus à l'Ouest.

La détection a été effectuée entre les isobathes - 1,50 m et - 17 mètres, et parfois sur la plage. Les cartes morphologiques de détail des zones de détection ont été levées (fig.5a et 5b) au cours des travaux.

Marquage : Samedi 22 octobre 1966

Injection des produits radioactifs aux deux points balisés par une bouée. Vent calme et mer belle. Les courants de surface sont faibles, mais à l'embouchure de l'Argentièrre, on mesure avec un courantomètre Ekman (10) (11) un courant de fond de 15 cm/sec portant au Sud. A l'embouchure de la Frayère, au point d'immersion, j'ai observé en plongée par - 5 m des ripple-marks de faible longueur d'onde (10 à 20 cm) mais perpendiculaires à la côte. Cette disposition des rides sous-marines n'est pas courante et elle suggère un courant de fond assez violent et parallèle à la côte. Vendredi 21 octobre, à la Station météorologique de la Croisette, on avait relevé un vent SSW maximal de 14 m/sec. Durant la journée du dimanche 23 octobre le vent reste SW mais très atténué.

1ère détection : Lundi 24 octobre 1966 (fig.6-Ia et Ib)

Le vent a évolué en force et en direction. Il est passé dans la journée de l'W au NW puis au SW et enfin au SSW avec une intensité maximale de 10 m/sec. La mer est belle.

Le sédiment immergé à l'embouchure de l'Argentièrre a peu migré et seulement par paquets dispersés. Le courant relevé en surface est de 5,5 cm/sec portant au Nord, et au fond de 2,5 cm/sec portant au NE.

A l'embouchure de la Frayère, par contre, le sédiment s'est déplacé très nettement vers le SW c'est-à-dire parallèlement au rivage. Un déplacement de plus de 500 mètres avec activité importante (entre 250 et 700 cps), est mis en évidence vers l'isobathe - 5 m. Un courant de fond de 6 cm/sec porte au SW, alors qu'en surface le courant porte à l'W avec une vitesse de 7,5 cm/sec. Les ripple-marks sont encore nettement marqués et normaux au rivage. La carte de détection montre deux diverticules qui évoluent tous deux vers le SW.

2ème détection : Mercredi 26 octobre 1966 (fig.6-IIa et IIb)

Au cours de la journée de mardi 25 octobre le vent est passé au Sud dans l'après-midi avec un maximum de 11 m/sec.

Mercredi le vent s'est stabilisé au Sud en forçant (12 m/sec). Une houle modérée (10 mètres de longueur d'onde) déferle sur la plage et les rouleaux importants ne permettent pas une détection très près du rivage.

A l'embouchure de l'Argentièrre, le stock marqué a peu évolué. Seul un léger transfert vers le SW est visible avec un détachement de paquets radioactifs vers la côte et vers le large.

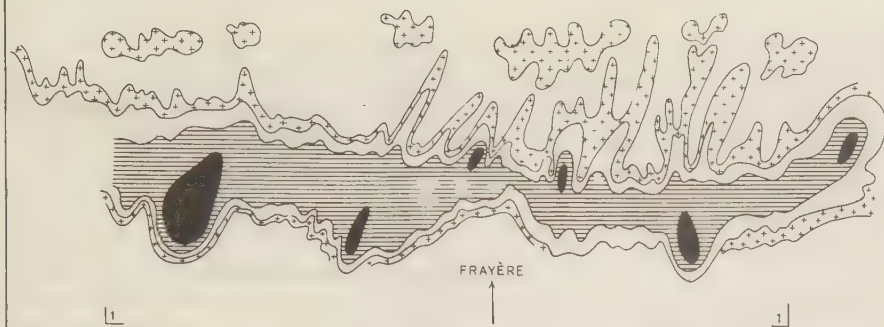


Figure 4a.

Radioactivité naturelle

Embouchure de la Frayère

Bruit de fond 22 octobre 1966

0 100 200 m

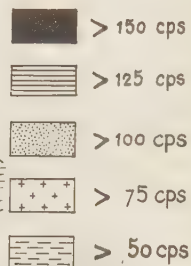


Figure 4b

Radioactivité naturelle

Embouchure de l'Argentière

Bruit de fond 21 octobre 1966

0 100 200 m

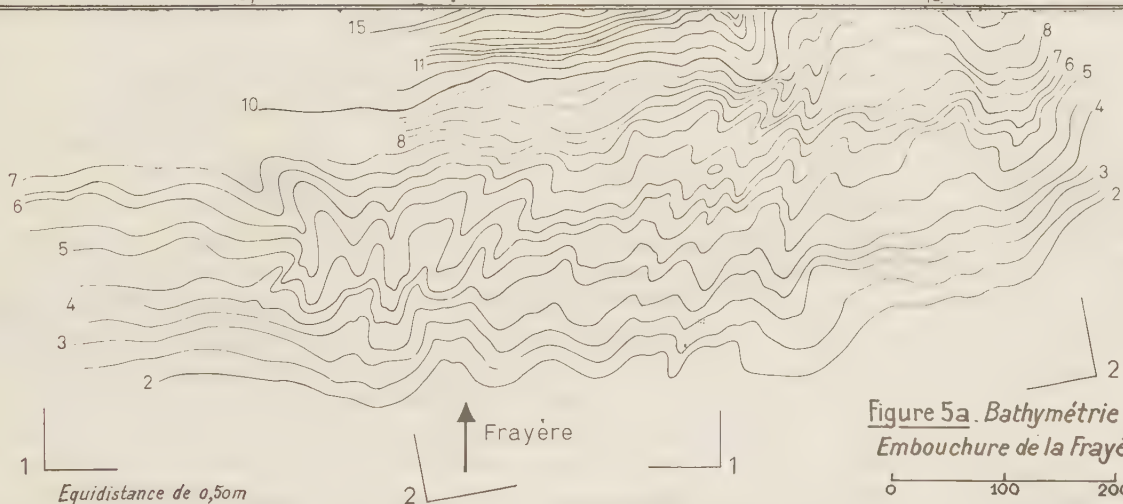
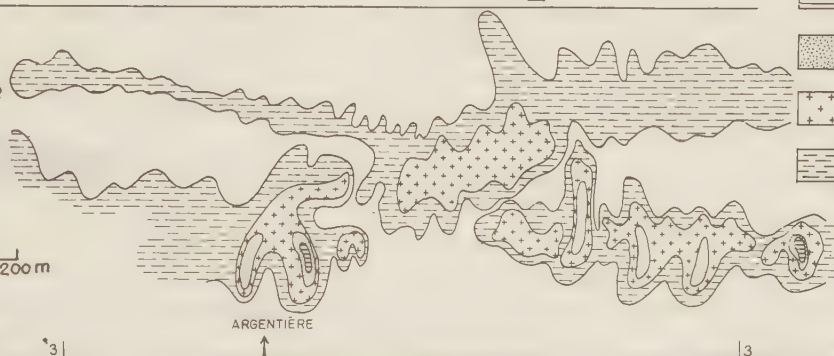


Figure 5a. Bathymétrie

Embouchure de la Frayère

0 100 200 m

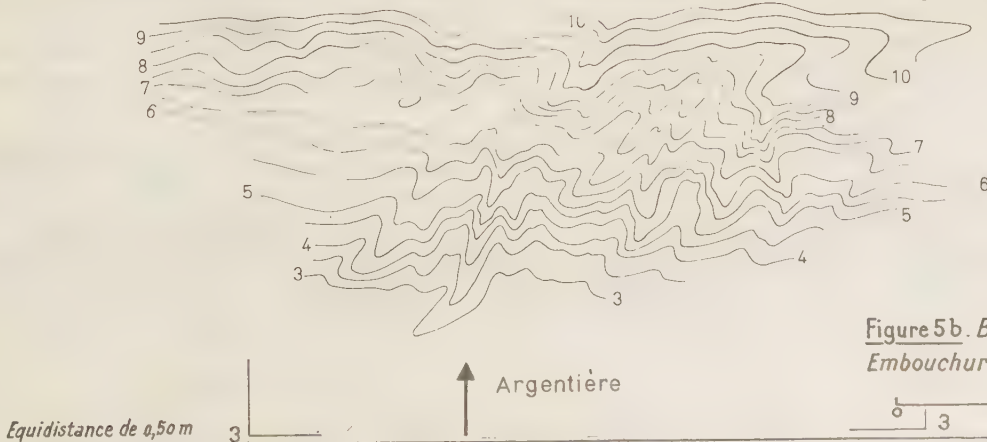


Figure 5b. Bathymétrie

Embouchure de l'Argentière

0 100 200 m

Figures 4 et 5

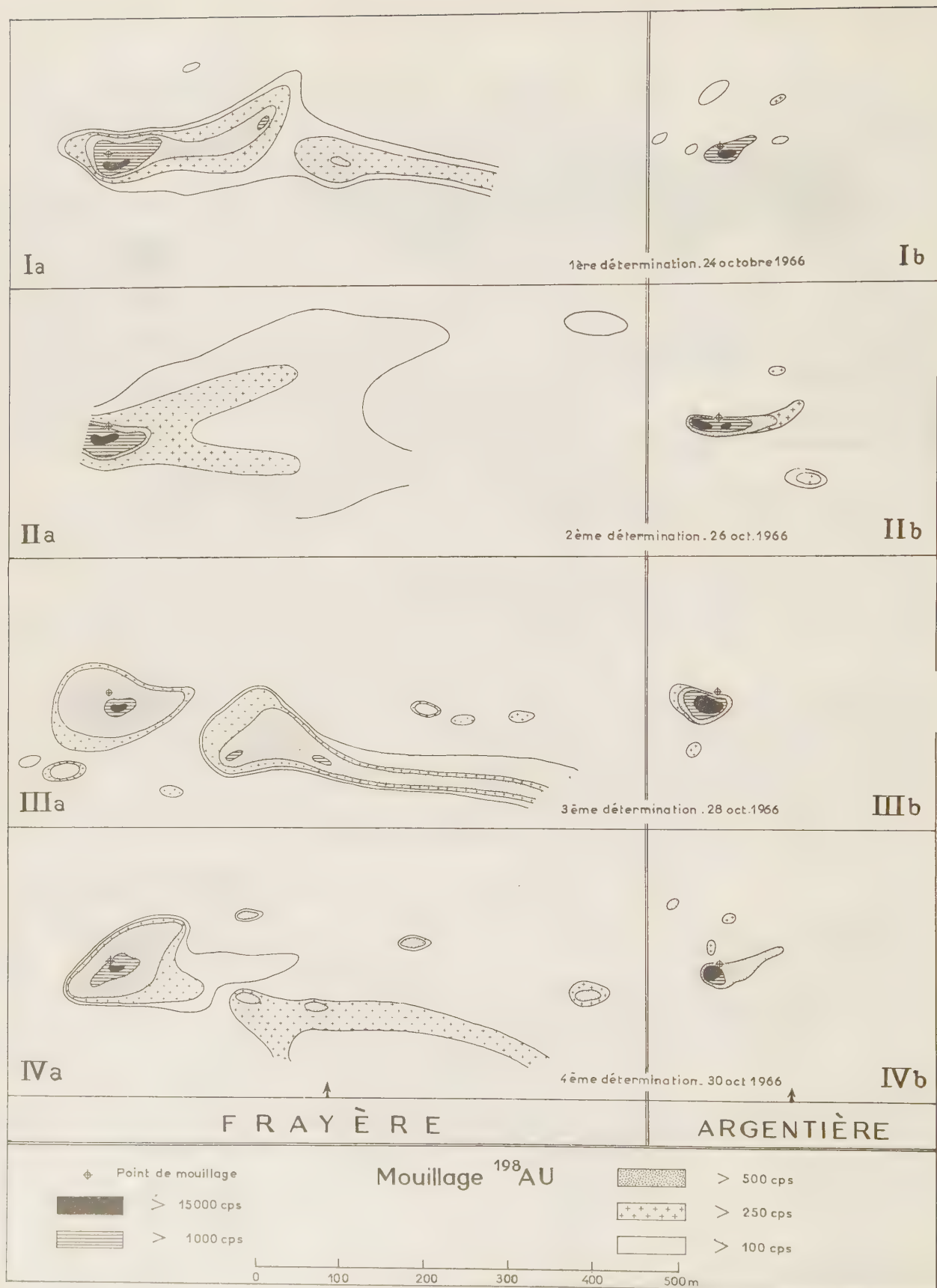


Figure 6

Cette houle du S a fait évoluer tout différemment le matériel situé vers la Frayère. Un étalement important du matériel sédimentaire est mis en évidence avec accentuation de la divergence des deux diverticules qui représentent très certainement deux classes granulométriques bien individualisées. Le mécanisme de triage par la houle avec transfert du matériel vers l'Ouest est parfaitement visible sur cette détection. Les ripple-marks observés en plongée sont cette fois parallèles à la côte et un faible courant de fond (3 cm/sec) porte vers le Sud.

Sur la plage aérienne une tache radioactive de 350 cps est relevée à l'W du point de marquage à une distance de 1 050 mètres. Si cette tache provient du marquage c'est le seul témoin rejeté sur la plage aérienne. Le lendemain nous n'avons pas retrouvé ce sédiment à forte activité.

3ème détection : Vendredi 28 octobre 1966 (fig.6-IIIa et IIIb)

Le vent a tourné au SSW au cours de la journée de jeudi avec une intensité moyenne de 3 m/sec et un maximum de 8 m/sec. Au cours de la détection du vendredi 28, la houle est SSW avec 0,50 m de creux. Cette houle de mistral est réfléchiée par le cap de l'Esquillon qui protège la zone étudiée des tempêtes d'Ouest.

En face de l'embouchure de l'Argentièrre la houle n'a pas eu d'action sur le sédiment marqué. Au point de mouillage nous relevons encore une saturation de 15 000 cps.

A l'embouchure de la Frayère la houle de SW a rabattu vers le rivage l'un ou les deux stocks de sédiment. Les quelques taches témoins disposées au Sud de la bande radioactive sont, soit le reliquat du diverticule qui s'étendait vers le large soit le résultat d'un nouveau départ de matériel à partir de la bande détectée près du rivage. En acceptant l'une ou l'autre hypothèse nous devons admettre que la fraction sédimentaire du large a disparu. Si nous nous référons à la carte bathymétrique (fig.5a) nous voyons vers l'isobathe - 10 m l'échancrure d'une petite vallée sous-marine qui rejoint le réseau très dense (fig.1) des canyons sous-marins du golfe de la Napoule. La bande radioactive que nous ne retrouvons plus aboutissait exactement à l'entrée de cette vallée sous-marine. Il se pourrait donc qu'une fraction granulométrique, la partie fine très certainement, soit drainée en direction du large par l'intermédiaire de ces vallées immergées.

4ème détection : Dimanche 30 octobre 1966 (fig.6-IVa et IVb)

Le vent ainsi que la houle ont évolué de nouveau vers le SE. Il n'y a toujours pas de variations sensibles à l'embouchure de l'Argentièrre. Le point de marquage est toujours saturé à 15 000 cps et quelques paquets sont encore décelables dans la direction du large.

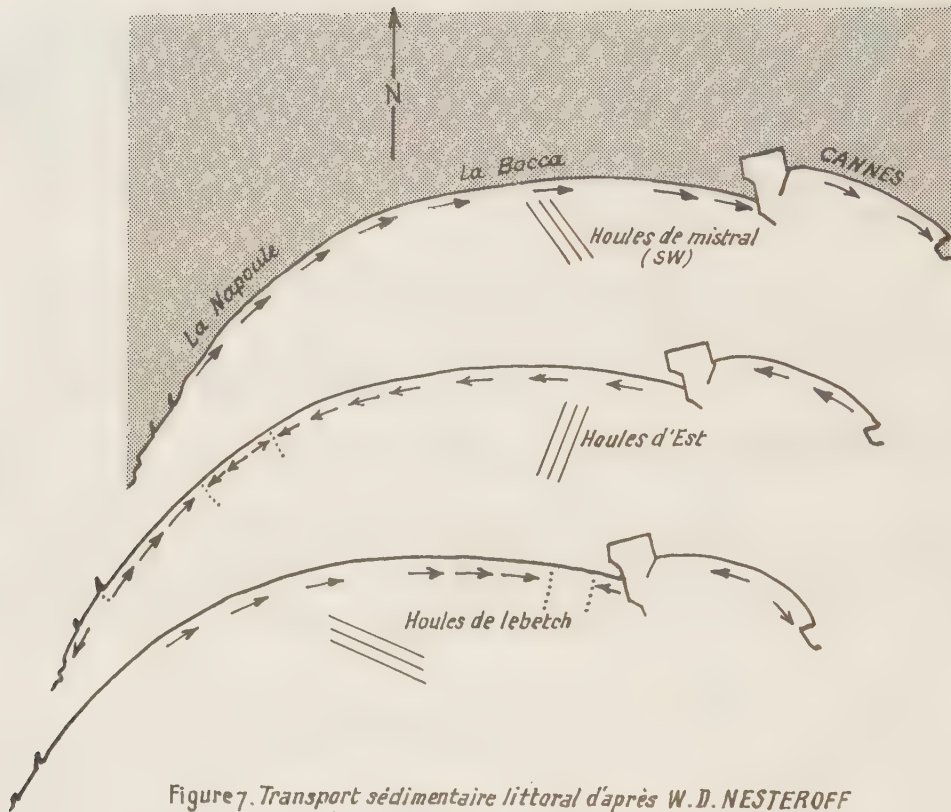


Figure 7. Transport sédimentaire littoral d'après W.D. NESTEROFF

A l'embouchure de la Frayère, la bande radioactive est toujours présente mais déplacée légèrement vers le large. Un nouveau départ de matériel radioactif vers le large semble en cours. Il faut rapprocher cette détection de la première où nous avons les mêmes conditions météorologiques et hydrologiques ; il semble bien que le même phénomène d'étalement se reproduise. C'est un point intéressant pour l'essai de généralisation du phénomène.

CONCLUSIONS

Nous avons eu la chance au cours de cette expérience de marquage d'avoir des conditions météorologiques variées, vents et houle du SE, du S et du SW. Ces conditions sont d'ailleurs les seules à avoir une action importante dans le golfe de la Napoule car elle est protégée à l'Ouest par l'Esterel et à l'Est par le cap d'Antibes.

Les deux zones de l'Argentièrre et de la Frayère sont bien distinctes et séparées par le domaine de la Siagne (fig.1). La Siagne est le cours d'eau le plus important de cette région. Durant ses crues elle charrie des sables

grossiers et même parfois des galets qu'elle accumule en dunes sous-marines à son embouchure. Ces dépôts, avant étalement, forment barrière pour les zones voisines. Ici encore une vallée sous-marine remonte très près du rivage et jusqu'au niveau de ces dunes.

Dans la zone de l'Argentièrre, le matériel devait être dans son domaine d'équilibre et un très léger mouvement vers le SW et vers le large est décelable. Seules les grandes tempêtes d'hiver peuvent remanier ce matériel sédimentaire. Par contre à l'embouchure de la Frayère les déplacements sédimentaires sont importants vers le SW : c'est-à-dire parallèlement à la côte, et vers le large.

Contrairement à ce que certains auteurs pensaient jusqu'alors, il y a bien déplacement dans le domaine de la plage sous-marine sous l'action de la houle et des courants de fond en dehors des tempêtes. La houle trie le sédiment suivant ses caractéristiques granulométriques et les courants de fond transportent les particules dans une direction sensiblement parallèle au rivage. Il est à noter que, hormis un cas douteux, nous n'avons pas relevé de radioactivité à la limite de l'estran ou sur la plage aérienne. Même sans mettre en jeu les grandes tempêtes d'hiver dont l'action est beaucoup plus importante, il est donc possible que par houle moyenne le sédiment évolue longitudinalement et qu'une partie de celui-ci ne puisse plus participer au rythme des plages, car ce sédiment est entraîné dans les vallées sous-marines qui constituent des pièges naturels.

Le schéma du transport littoral (voir fig.7) proposé par W. NESTEROFF n'est donc pas valable dans le cas des déplacements sédimentaires de la plage sous-marine. Il doit y avoir compensation du mouvement littoral vers l'Est par le mouvement sous-marin vers l'Ouest ce qui explique que cette plage est encore présente ; mais l'amaigrissement de la partie Ouest a comme double cause l'apport actuel trop faible des cours d'eau et la chute d'une fraction minérale dans le réseau fluvial ennoyé du golfe de la Napoule.

Je tiens à remercier Mr G. COURTOIS du C.E.A. qui nous a permis d'effectuer cette expérience, et son équipe qui a participé activement aux détectations : MM. F. ANGUENOT, A. CAILLOT, M. GASNIER, B. JEANNEAU et J.C. TANGUY.

Je remercie également l'équipe de la Station de Géodynamique Sous-Marine de Villefranche-Sur-Mer : MM. G. BELLAICHE, J.P. REHAULT et M. FLUCHA.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Carte du Service Hydrographique de la Marine. Golfe de la Napoule, rade de Cannes au 1/14 400.
- (2) NESTEROFF (W.D.). 1965 - Recherches sur les sédiments marins actuels de la région d'Antibes. Ann.Inst.Océanog., t.XLIII, fasc.1, 136 p.
- (3) MOLINIER (R.) et PICARD (J.). 1952 - Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. Ann.Inst.Océanog., n.s., t.27, pp.157-234.
- (4) CLOS-ARCEDUC (A.). 1966 - Les formes d'alluvions pré littorales sur la côte de Provence. Actes du 90ème Congrès National des Sociétés Savantes. Nice - 1965.
- (5) INOSE (S.), KATO (M.), SATO (S.) et SMIRAISHI (N.). 1955 - The field experiment of littoral drift using radioactive glass sand. (in Nesteroff). International conference on the peaceful uses of Atomic Energy, A. conf. S/P/1053. Japan.
- (6) GERMAIN (J.), FOREST (G.) et JAFFRY (P.). 1957 - Utilisation des traceurs radioactifs pour l'étude des mouvements des sédiments marins (in Nesteroff). 6th conference on Coastal Engineering, Gainesville (USA).
- (7) BELLAICHE (G.), CHEMINEE (J.L.), MARTIN (J.M.) et PAUTOT (G.). 1966 - Applications des mesures de bruit de fond gamma à l'étude de l'origine et de la dynamique des sables sous-marins. Exemple de la baie de la Napoule (France). C.R. Somm., Soc.Géol.France, fasc.10, pp.388-390.
- (8) BELLAICHE (G.), PAUTOT (G.), ANGUENOT (F.), COURTOIS (G.). 1967 - Radioactivité naturelle des sédiments marins au large des côtes de l'Esterel. C.R.Ac.Sc. Paris, t.264, (29 mai 1967), pp.2545-2548.
- (9) GIRESSE (P.) et COURTOIS (G.). 1966 - Une application de la méthode des traceurs radioactifs : l'étude des déplacements des sédiments dans le cours et à l'embouchure de la Sienne. Rev. de Geog. Phys. et Géol.Dyn. fasc.3, vol.VIII, pp.193-209.
- (10) PAUTOT (G.). 1963 - Mesures des courants profonds à la tête du canyon sous-marin de Toulon. Bull.Soc.Hist.Nat.du Doubs, n°65, fasc. 1 - 2.
- (11) EKMAN (W.V.). 1932 - An improved type of Current Meter. Cons.Perm.Int. pour l'Expl. de la Mer. Journ. du conseil, vol.VII, n°1, pp.3-10, Copenhagen.

551.465.78
551.468.1

